



## **Avaliação do Modelo Digital de Terreno (MDT) do projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá: estudo de caso do perímetro urbano do Macapá.**

Herondino dos Santos Filho <sup>1</sup>  
Marcelo José de Oliveira <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Amapá – UNIFAP  
Rod. Juscelino Kubitschek, s/n – Caixa Postal 261  
68902-280 – Macapá – AP, Brasil  
herondino7@yahoo.com.br  
geomarcelooliveira@gmail.com

**Resumo.** O Estado do Amapá encontra-se dentro do chamado “vazio cartográfico”, mas, nos últimos anos, um projeto de iniciativa do governo do estado em convênio com a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército tem produzido um grande volume de informações através de sistema sensores SAR aerotransportado interferométrico. Dentre esses produtos, destaca-se o Modelo Digital de Terreno, o qual gera variáveis morfométricas importantes para auxiliar no estudo e ordenamento do espaço, tanto rural, quanto o urbano em regiões de alto valor ambiental mas com carência de dados cartográficos, como os biomas Amazônico e do Pantanal. Todavia, o MDT deve ser confiável e em escala adequada ao escopo da pesquisa. Desse modo, o objetivo deste estudo foi de avaliar os dados altimétricos gerados do MDT do projeto Base Cartográficos Contínua do Amapá em diferentes escalas de estudo. Para tanto, foram comparados e testados estatisticamente os valores provenientes do MDT da base cartográfica com medidas de campo constantes no levantamento topográfico do perímetro urbano do município de Macapá, uma região às margens do Amazonas e caracterizada pela ocorrência de ecossistemas úmidos a exemplo do Pantanal. A avaliação do MDT e os seus insumos resultantes mostram a aplicação do uso deste dado em grande escala para análise a partir de escalas: 1:1.000, 1:2.000, e com excelente acurácia nas escalas de 1:5.000 e 1:10.000, demonstrando relevância para aplicação.

**Palavras-chave:** MDT, Base Cartográfica, Avaliação, interferometria

**Abstract.** The State of Amapá is within the so-called “empty mapping”, but in recent years, one project of the state government initiative in partnership with the Department of the Army Geographical Service has produced a large volume of information through system sensors airborne SAR interferometric. Among these products, there is the Digital Terrain Model, which generates important morphometric variables to assist in the study and spatial planning, both rural and the urban in areas of high environmental value but lack of cartographic data, such as the biomes of Amazon and Pantanal. However, the DTM must be reliable and in an appropriate scale to the scope of the search. Thus, the aim of this study was to evaluate the altimetry DTM data generated from Amapá Continuous Cartographic Base Project in different study scales. Therefore, they were compared and statistically tested values from DTM basemap with field measurements contained in the survey of the urban perimeter of the city of Macapa, a region along the Amazon and characterized by the occurrence of wet ecosystems such as the Pantanal. The evaluation of DTM and its resulting inputs show the application of the use of this data on a large scale for analysis from scales: 1: 1000, 1: 2000, and with great accuracy in scales of 1:5,000 and 1:10,000, showing relevance to application.

**Key-words:** DTM, Cartographic Base, Evaluation, Amapá, interferometry

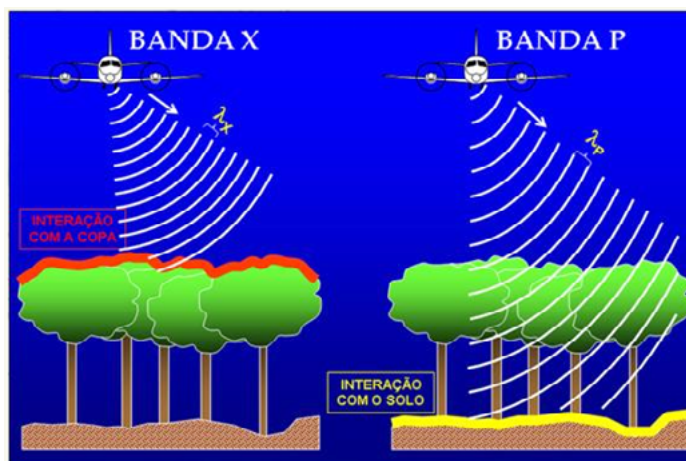
## 1. Introdução

O avanço das geotecnologias tem ocorrido a passos largos nos últimos anos e possibilitado um conhecimento mais robusto e rápido da superfície terrestre. Contudo, o Estado do Amapá ainda encontra-se dentro do chamado “vazio cartográfico”, o que tem impossibilitado o crescimento de estudos mais consistentes de seu território. Para retirar o estado desta condição, o projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá (BCDCA), uma parceria entre o Governo do Estado do Amapá, por intermédio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) e da Secretaria de Estado do Planejamento (SEPLAN), em convênios com a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), tem gerado uma grande quantidade de dados de sistemas de Radar de Abertura Sintética (*Synthetic Aperture Radar – SAR*) aerotransportados interferométricos (Geoportal E. B., 2016). Segundo Borges e Nunes (2008), o termo “interferometria é derivado da palavra interferência, que expressa um fenômeno resultante da interação entre ondas de qualquer tipo”.

Pode-se dizer que a Interferometria é a ciência aplicada de estudo e medição da interferência de ondas ou ainda que Interferometria seja uma técnica de metrologia com aplicações extremamente diversas em várias áreas das Ciências.

InSAR é a junção do acrônimo: interferometria (In), Detecção e Telemetria por Rádio (*Radio Detection and Ranging - Radar*) e Radar de Abertura Sintética (SAR) (Hanssen, 2002). A medida fundamental em InSAR é a diferença de fase, também chamada fase interferométrica. A diferença de fase é calculada a partir das observações que o radar fornece, e a relação entre a diferença de fase e a distância percorrida pelos sinais de radar (Nievinski, 2004). Usando duas imagens SAR, adquirida por duas antenas diferentes ou aquisições repetidas, é possível obter a distância, bem como medições angulares. A utilização das medidas de fase permite a observação das distâncias relativas como uma fração do comprimento de onda do radar, e a diferença nas localizações de sensor permite a observação das diferenças angulares, necessárias para o levantamento topográfico (Hanssen, 2002).

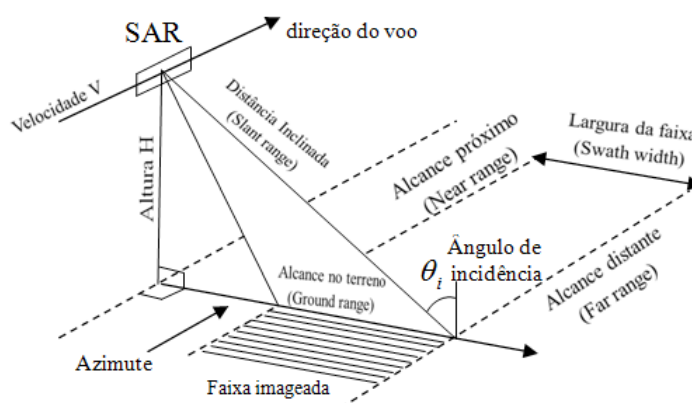
Em virtude da cobertura vegetal densa e a constante presença de nuvens, que é comum nas imagens de satélites desta região do norte do Brasil, foram utilizados sistemas sensores SAR aerotransportados interferométricos. Esses equipamentos fornecem ortoimagens e Modelo Digital de Superfície (MDS) que representam a interação do sinal radar, na banda X, ao nível da copa das árvores. Também fornecem o Modelo Digital de Terreno que é produto da interação do sinal radar, na banda P, ao nível do solo em regiões de floresta densa, conforme mostra a **Figura 1** (Geoportal E.B., 2016).



**Figura 1.** Captura de informações nas bandas X e P  
Fonte: Geoport E. B. (2016)

Neste trabalho o enfoque está no sinal radar da banda P que permite a representação do MDT e seus produtos. Para Menezes e Almeida (2012), “os modelos topográficos tradicionais, geralmente de alto custo” e de equipamento mais especializado, “vêm cedendo espaço aos métodos mais automatizados como o sistema de posicionamento global (GPS) e à interferometria de radar de abertura sintética – InSAR”.

Segundo Moreira (2011), a geometria básica de um sistema de imageamento por SAR é representada pela **Figura 2**. Para o sistema, a plataforma com sensor SAR se move a uma velocidade  $V$  em relação ao solo, a uma altura  $H$ , apontando a antena lateralmente com um ângulo  $\theta_i$  em relação ao nadir. A distância inclinada (*slant range*) representa a distância do sensor ao alvo ao longo da direção de *range*; A distância no terreno (*ground range*) representa a distância inclinada projetada sobre a superfície terrestre; A largura da faixa (*swath width*) simula a largura da faixa imageada na direção perpendicular ao movimento da plataforma; O alcance próximo (*near range*) é a região mais próxima ao nadir; O alcance distante (*far range*) é a região mais distante do ponto nadir.



**Figura 2.** Geometria do sistema SAR  
Fonte: Adaptada de Moreira (2011) e INPE (2016)

O procedimento de aquisição da “imagem de um sensor é obtida pela varredura do terreno em linhas sequenciais, cada linha sendo amostrada por uma área unitária (pixel)”, em seguida “o sensor registra os pixels no formato de uma grade regular e o valor do pixel correspondente ao valor da radiância, emitância ou de retroespalhamento dos alvos é convertido no sensor para um valor digital discreto e finito” (Menezes; Almeida, 2012).

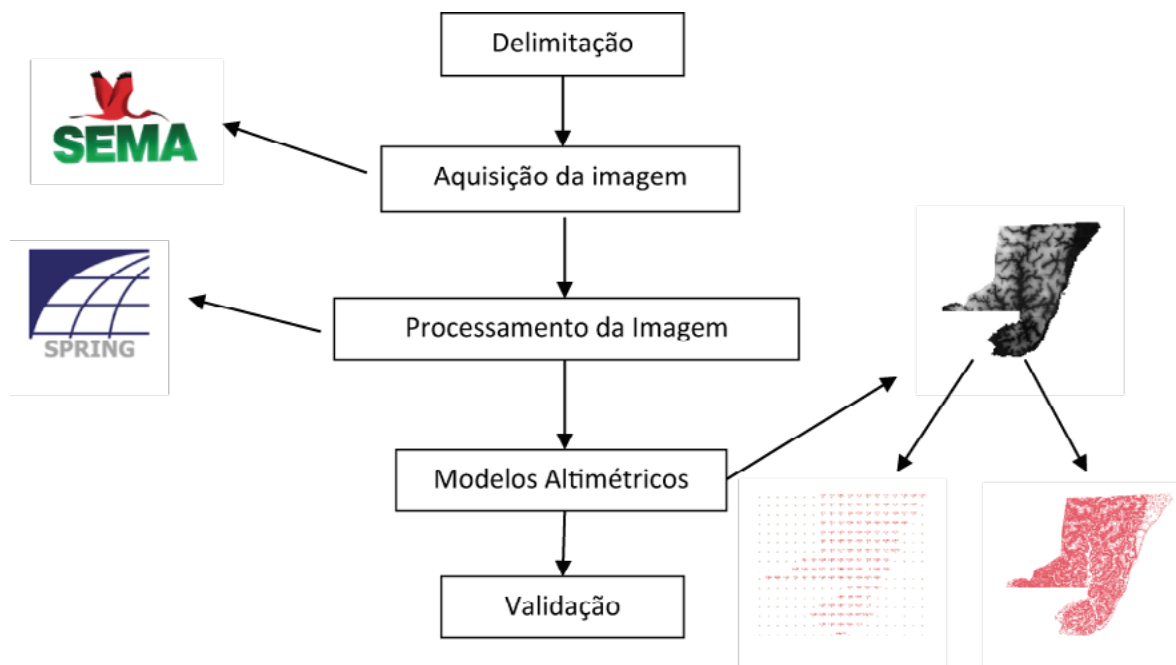
Cumprir destacar a excelente resposta dos produtos de radar na Amazônia, sobretudo, em regiões com densa cobertura florestal e úmidas como o Pantanal Mato-Grossense e a capital Macapá, fornecem dados muito mais confiáveis que o imageamento por satélite. Assim, uma vez avaliados e validados os dados do MDT em análise no presente estudo, outras regiões em condições próximas ou similares poderão se beneficiar da mesma tecnologia com certo grau de confiabilidade.

## 2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os dados altimétricos gerados do MDT da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá, e seu uso em diferentes escalas de trabalho do perímetro urbano do município de Macapá

## 3. Material e Métodos

De forma sistemática e ordenada a avaliação do Modelo Digital de Terreno da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá - BCDCA seguiu os procedimentos metodológicos: delimitação da área de estudo, aquisição de imagem, processamento de imagem, geração de modelos de elevação e avaliação dos insumos gerados, como mostra a **Figura 3**.

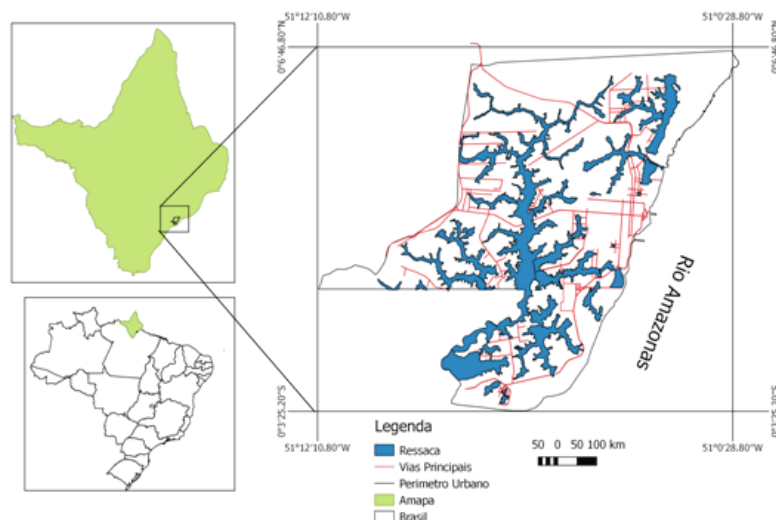


**Figura 3.** Fluxograma do procedimento adotado

### 3.1 Delimitação da área de estudo

O perímetro urbano da cidade de Macapá, capital do estado do Amapá, foi objeto de estudo deste trabalho. Cumprir ressaltar as características fisiográficas desta capital, localizada às margens do rio Amazonas e entrecortada por áreas úmidas, localmente chamadas de “Ressacas” e de alto valor ambiental, a exemplo do Pantanal.

A área investigada se insere no retângulo envolvente definido pelos paralelos 0° 3' 27" e 0° 6' 45" Latitude sul e norte respectivamente, e meridianos 51° 12' 17" e 51° 0' 15" Longitude oeste (**Figura 3**). A delimitação desta área foi o primeiro passo para a avaliação.



**Figura 3.** Localização da área de estudo – Macapá-AP

### 3. 2 Aquisição da imagem

A imagem MDT que representa o solo exposto, de forma contínua, foi obtida por distribuição gratuita realizada pela Secretaria de Meio Ambiente – SEMA/AP. As imagens foram adquiridas de acordo com as especificações das imagens SAR, dentro do sistema de projeção UTM/ SIRGAS 2000, no formato TIF, como mostra a **Tabela 1**.

Foi utilizada uma aeronave do tipo bimotor, com autonomia de vôo de 4,5 horas, a uma velocidade média de 360 km/h, com altura de vôo entre 19.000 a 25.000 *ft*, com comprimento máximo de linha de vôo de 220 km.

**Tabela 1.** Especificações das Imagens SAR

Especificações das imagens	Parâmetros
Escala	1:25.000
Dimensão do pixel no MDT (m)	2,5m x 2,5m
Superposição das linhas em Range	>= 66%
Superposição das linhas em Azimuth	>= 5 km
Resolução Banda X	2,5m
Resolução Banda P	2,5m
Swath	14 km
Precisão Altimétrica MDT (Banda P)	Em áreas abertas: Erro Padrão 3,33 m. Atendendo o PEC antigo classe A para a escala 1:25.000). Em áreas com densa vegetação: Erro Padrão 4,56 m (atendo o PEC antigo classe C para a escala
Precisão Planimétrica MDT	<=7,5m PEC classe A
GEOIDE	MAPGEO 2010. Modelo geoidal Sirgas 2004.
Radiometria modelo digital	32 bits

Fonte: DSG/SEMA-AP

### 3.3 Processamento da Imagem e Modelo Numérico

Após aquisição da imagem na SEMA/AP, e para que a sua leitura fosse feita no SPRING versão 5.3, foi criado um projeto contendo os paralelos 0° 7' 36" e 0° 7' 36" Latitude S e N, respectivamente, e meridianos 51° 15' 06" e 50° 59' 53" Longitude W. O sistema de projeção adotado foi o UTM e o modelo da terra DATUM SIRGAS 2000.

Quatro imagens da base cartográfica foram importadas para o SPRIG, em seguida foi feito o mosaico com o interpolador vizinho mais próximo e posteriormente realizado o recorte com o *shapefile* do perímetro urbano da cidade fornecido por Santos Filho (2011).

A partir do Modelo Digital de Terreno (MDT) obtido junto à base cartográfica e a utilização dos algoritmos implementados no software SPRING, foi realizada a sua visualização utilizada na avaliação deste modelo.

### 3.4 Avaliação do Mapeamento

Para estudo da confiabilidade do produto cartográfico gerado, os dados MNT gerados a partir dos dados MDT da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá (BCDCA) foram submetidos à comparação com os dados medidos em campo e derivados/calculados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC dos sistemas Sistema de Navegação Global por Satélite (*Global Navigation Satellite System - GNSS*) gerando modelos de regressão linear simples e outros parâmetros estatísticos.

As coordenadas obtidas pelas estações da RBMC são tomadas para a elaboração final dos resultados referenciados. Sua grande vantagem é que as estações fazem parte da Rede de Referência SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) em que a precisão é de  $\pm 5$  mm. O método relativo está incluso nas aplicações geodésicas e topográficas do GNSS, onde ao menos uma estação de coordenadas é conhecida e também ao mesmo tempo ocupada pelos pontos desejados. “As estações da RBMC desempenham justamente o papel do ponto de coordenadas conhecidas pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)”, ou seja, “elimina a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso” (IBGE, 2016).

A comparação entre os modelos foi precedida da aquisição de 58 amostras. As coordenadas GMS obtidas na Empresa topográfica Construtora Amacol Ltda, abrangendo toda área do perímetro urbano da cidade de Macapá, sendo comparada através da função de posicionar cursor do Spring versão 5.3 e suas operações métricas.

A avaliação do mapeamento teve a análise estatística através dos seguintes parâmetros: Coeficiente de *Pearson* [R], Coeficiente de Determinação [ $R^2$ ], Erro médio (*Mean Error*), o Erro Médio Quadrático (EMQ), o Erro Padrão (EP) e o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC.

O Padrão de Exatidão Cartográfica foi instituído pelo Decreto de 89.817 de 20 de Junho de 1984. De acordo com esta lei o Padrão de Exatidão Cartográfica é um “indicador estatístico de dispersão”, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão (EP), ou seja, de acordo com a **Equação 1**:

$$PEC_{Encontrado} = 1,6449 \cdot EP \quad (1)$$

Os valores devem ser comparados com os dados pelas **Tabelas 2** ou **3** conforme o caso, levando em consideração que o PEC encontrado deve ser menor que o PEC tabelado, ou seja, em conformidade com a **Equação 2**:

$$PEC_{Encontrado} < PEC_{Tabela} \quad (2)$$

A **Tabela 2** mostra as especificações técnicas sobre os dados altimétricos que discriminam a equidistância entre as curvas de nível e respectivos valores já calculados com suas classes correspondentes, em conformidade com o Decreto 89.817.

**Tabela 2.** Padrão de Exatidão Cartográfica da Altimetria (curvas de nível) dos Produtos Cartográficos Digitais

PEC <sup>(1)</sup>	PEC-PCD	1:1.000 (Eqd = 1 m)		1:2.000 (Eqd = 1 m)		1:5.000 (Eqd = 2 m)		1:10.000 (Eqd = 5 m)		1:25.000 (Eqd = 10m)		1:50.000 (Eqd = 20m)		1:100.000 (Eqd = 50m)		1:250.000 (Eqd = 100m)	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	A	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,67	25,00	16,67	50,00	33,33
B	B	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
C	C	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00
	D <sup>(4)</sup>	1,00	0,60	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	20,00	12,00	50,00	30,00	100,00	60,00

Fonte: ET-ADGV

A **Tabela 3** é referente aos valores do Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD), retirados da Especificação Técnica dos Produtos de Conjuntos de Dados Geospaciais (ET-PCDG). Estes valores são propostos para os produtos digitais produzidos após a publicação da ET-PCDG e complementam os estabelecidos, para produtos impressos, no Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984.

**Tabela 3.** Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica dos Pontos Cotados e do MDT, MDE E MDS para a produção de Produtos Cartográficos Digitais

PEC - PCD <sup>(3)</sup>	1:1.000 (Eqd = 1 m)		1:2.000 (Eqd = 1 m)		1:5.000 (Eqd = 2 m)		1:10.000 (Eqd = 5 m)		1:25.000 (Eqd = 10 m)		1:50.000 (Eqd = 20 m)		1:100.000 (Eqd = 50 m)		1:250.000 (Eqd = 100 m)	
	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	0,27	0,17	0,27	0,17	0,54	0,34	1,35	0,84	2,70	1,67	5,50	3,33	13,70	8,33	27,00	16,67
B	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,66	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,66	25,00	16,66	50,00	33,33
C	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
D	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00

Fonte: ET-ADGV

Os valores previstos para a classe “A” (PEC-PCD) foram definidos a partir de adaptações dos estudos realizados por Merchant (1982) e ASPRS (1989), nos quais o PEC-PCD = 0,27\*Equidistância do produto cartográfico e o EP = 1/6\*Equidistância do produto cartográfico. As classes “B”, “C” e “D” do PEC-PCD correspondem, em ordem, as classes “A”, “B”, “C” do PEC Altimétrico previstas no Decreto 89.817, de 20 de junho de 1984 (Exército Brasileiro, 2011).

Para o transporte de coordenadas foi utilizado dois pares de receptores de sinais GNSS da marca Hiper, modelo GD-GGD de dupla frequência (L1/L2) e sete (07) Estações Total: (02) LEICA modelo TC305, (02) PENTAX modelo R-326EX, (01) TOPCON modelo GPT 3207N, (01) RUIDE modelo RTS 860 e (01) TRIMBLE modelo S3.

Para o transporte de cotas dos marcos do IBGE para os pontos de partida foi utilizado um (01) nível Leica NA724 e dois (02) Níveis Leica Sprinter 150m.

Posteriormente foram feitas irradiações, para os pontos rastreados com a utilização dos da-

dos da base RBMC Macapá (RN1630J = P1) para processamento dos dados obtidos em campo.

O par de receptores Hiper GD/GGD – L1/L2 foi utilizado para fazer o levantamento das coordenadas geodésicas, através do processo relativo rápido estático e pseudo rápido estático.

#### 4. Resultados e Discussão

A **Tabela 4** mostra os pontos amostrados, com as respectivas coordenadas e cotas medidas (DGNSS) e estimadas (BCDCA), na qual já se verifica números muito próximos de altimetria.

**Tabela 4.** Comparação dos valores de altimetria medidos (DGNSS) e estimados (BCDCA) nos 58 pontos amostrados.

Ponto	Coordenadas Geodésicas		DGNSS	BCDCA
	Latitude	Longitude		
P1	n 0 02 59.034	o 51 04 06.239	15,275	15,0667
P2	n 0 02 56.942	o 51 04 09.080	15,275	15,5000
P3	n 0 05 21.932	o 51 05 09.007	15,275	16,1333
P4	n 0 06 14.316	o 51 03 47.912	16,300	16,5667
P5	n 0 05 42.922	o 51 02 25.927	11,790	12,4000
P6	n 0 05 36.982	o 51 02 45.557	15,881	15,5667
P7	n 0 05 28.646	o 51 02 59.985	14,359	14,0000
P8	n 0 05 7.839	o 51 04 15.694	8,887	8,0607
P9	n 0 05 6.134	o 51 04 14.609	9,167	8,3593
P10	n 0 04 19.167	o 51 03 13.049	11,993	12,6667
P11	n 0 04 18.818	o 51 02 39.977	2,556	2,5910
P12	n 0 04 16.870	o 51 02 41.104	2,706	2,8000
P13	n 0 04 9.746	o 51 02 45.197	3,005	3,1367
P14	n 0 03 43.127	o 51 02 56.393	3,507	4,1253
P15	n 0 02 48.082	o 51 03 20.145	10,656	11,4000
P16	n 0 06 9.649	o 51 03 52.974	18,128	17,9000
P17	n 0 06 11.204	o 51 03 51.302	17,984	17,6330
P18	n 0 06 12.749	o 51 03 49.658	17,501	17,5000
P19	n 0 06 14.316	o 51 03 47.912	16,300	16,5333
P20	n 0 06 7.027	o 51 03 50.540	17,872	17,4333
P21	n 0 06 8.596	o 51 03 48.893	18,017	17,8333
P22	n 0 06 10.126	o 51 03 47.236	17,859	17,8333
P23	n 0 06 11.769	o 51 03 45.518	17,063	17,4000
P24	n 0 06 4.390	o 51 03 48.150	17,664	17,4333
P25	n 0 06 5.953	o 51 03 46.450	17,776	17,6333
P26	n 0 06 7.504	o 51 03 44.846	17,574	18,1000
P27	n 0 06 9.088	o 51 03 43.106	17,751	17,9667
P28	n 0 06 1.751	o 51 03 45.763	17,575	17,5000
P29	n 0 06 3.344	o 51 03 44.076	17,644	17,3000
P30	n 0 06 4.902	o 51 03 42.455	17,442	17,6667
P31	n 0 06 6.464	o 51 03 40.722	16,829	17,3667
P32	n 0 05 59.099	o 51 03 43.357	17,621	17,2000
P33	n 0 06 0.716	o 51 03 41.671	17,567	17,9000
P34	n 0 06 2.230	o 51 03 40.023	17,494	17,9000
P35	n 0 06 3.797	o 51 03 38.311	16,723	16,6667
P36	n 0 06 4.524	o 51 03 38.844	16,253	16,7000
P37	n 0 06 8.739	o 51 03 34.066	12,720	13,4000
P38	n 0 05 56.899	o 51 03 38.129	17,930	17,5667
P39	n 0 05 58.419	o 51 03 36.472	17,890	17,7000
P40	n 0 06 0.037	o 51 03 34.848	17,773	18,2333
P41	n 0 06 3.668	o 51 03 30.644	16,875	17,5333
P42	n 0 05 52.681	o 51 03 37.451	17,792	17,2000
P43	n 0 05 54.261	o 51 03 35.692	18,073	17,9000
P44	n 0 05 55.835	o 51 03 34.048	18,077	18,3000
P45	n 0 05 57.457	o 51 03 32.388	17,825	18,1000
P46	n 0 06 3.668	o 51 03 30.644	16,875	17,5333
P47	n 0 06 1.974	o 51 03 29.197	17,265	17,6667
P48	n 0 06 1.393	o 51 04 8.691	17,129	16,5000
P49	n 0 05 59.825	o 51 04 7.260	17,333	16,7000
P50	n 0 05 55.267	o 51 04 3.168	16,972	16,2000
P51	n 0 05 52.550	o 51 04 6.169	16,779	16,3333
P52	n 0 05 49.880	o 51 04 9.131	16,562	16,0000
P53	n 0 05 51.236	o 51 04 10.591	16,702	16,1000
P54	n 0 05 54.069	o 51 04 7.574	16,915	16,1000
P55	n 0 06 7.997	o 51 02 50.750	17,071	17,3333
P56	n 0 06 5.529	o 51 02 50.721	17,188	17,2000
P57	n 0 06 2.923	o 51 02 50.665	17,344	17,2000
P58	n 0 06 0.283	o 51 02 50.610	17,083	17,3000



Os valores da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá – BCDCA quando comparados com os dados DGNSS apresentaram resultados de correlação atingindo 0,9934 e coeficiente de determinação de 0,987, mostrando alta correlação, conforme apresentado na **Tabela 5**.

**Tabela 5.** Parâmetros comparativos entre os dados BCDCA

Parâmetros	BCDCA
Erro Médio	0,005553
EQM	0,199253
Erro Médio Percentual	2,601376
Coefficiente de Peason	0,993479
Coefficiente de Determinação	0,987000
Desvio (EP)	0,44637718

Na avaliação do PEC encontrado e de acordo com a **Tabela 2**, as classes de elevação altimétricas com referência as curvas de nível de cada modelo estão em destaque (cinza) na **Tabela 6**. A BCDCA encontra-se na classe A, em dois metros de equidistância, escala 1:5.000. Em um metro de equidistância cai para a classe C.

**Tabela 6.** Classes encontradas em cada modelo de elevação para altimetria (curvas de nível)

Classe	BCDCA	
	PEC = 0,73425; EP = 0,44638	
	1:1.000 ou 1:2.000 (Eqd = 1m)	1:5.000 (Eq = 2m)
A	0,50	<b>1,00</b>
B	0,60	1,20
C	<b>0,75</b>	1,50
D	1,0	2,0

O modelo BCDCA apresenta para a altimetria dos pontos cotados e do modelo MDT para os produtos cartográficos digitais Classe A na escala 1:10.000, Classe B na escala 1:5.000 e Classe D na escala 1:2.000 ou 1:1000 conforme mostra a **Tabela 7**.

**Tabela 7.** Classes Altimétrica dos Pontos Cotados e do MDT para a produção de Produtos Cartográficos Digitais dos Modelos em estudo

Classe	BCDCA		
	PEC = 0,73425; EP = 0,44638		
	Eqd = 1m (1:1.000 ou 1:2.000)	Eq = 2m (1:5.000)	Eq = 5m (1:10.000)
A	0,27	0,54	<b>1,35</b>
B	0,50	<b>1,00</b>	2,50
C	0,60	1,20	3,00
D	<b>0,75</b>	1,50	3,75

## 5. Conclusões

O Modelo Digital de Terreno da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá, foi avaliado como bastante confiável podendo gerar cartas topográficas (altimetria / curvas de nível) em grande escalas, como as compatíveis com a representação do espaço geográfico municipal. Os dados encontrados, quando comparados com aqueles definidos no Padrão de Exatidão Car-

tográfica, demonstram excelentes resultados para a carta topográfica do perímetro urbano de Macapá na escala de 1:5.000 (equidistância de 2 m), pois se situa na classe A. Enquanto que para escalas maiores: 1:1.000 ou 1:2.000 (equidistância de 2 m) está na classe C. Para a altimetria dos pontos cotados do modelo MDT, os produtos digitais cartográficos atingem classe A na escala 1:10.000, classe B na escala 1:5.000 e classe D na escala 1:1.000 ou 1:2.000.

Desta forma, isso mostra uma alta precisão (acurácia) para trabalhos a serem desenvolvidos em escalas que envolvam o perímetro urbano dos municípios, áreas com cobertura florestal e úmidas, como é caso de Macapá e o Pantanal Mato-Grossense, fornecendo maior precisão para o desenvolvimento de estudos ambientais que necessitam de dados topográficos confiáveis.

## 6. Agradecimento

Ao Laboratório de Geoprocessamento de Ciência Ambientais – LABEGEOCA pela disponibilidade de seus computadores, ao Governo do Estado do Amapá e Exército Brasileiro pela disponibilidade do produto do projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE pela disponibilização dos diversos recursos, ambientes e software que tornaram possível a elaboração do presente estudo.

## 7. Referências

Borges, R. O.; Nunes, G. M. **Imageamento interferométrico SAR/SIPAM: métodos e aplicações**. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2., 2008, Recife. **Anais...** . Recife: Ii Simgeo, 2008. v. 2, p. 1 - 4. Disponível em: <[https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII\\_CD/Organizado/sens\\_foto/219.pdf](https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/sens_foto/219.pdf)>. Acesso em: 25 maio 2016.

Exército Brasileiro, Departamento de Ciência e Tecnologia, Diretoria de Serviço Geográfico – **Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV)** Editoração e impressão pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, 2ª Edição, 2011.

Geoportal do Exército Brasileiro. Diretoria de Serviço Geográfico. **Estado do Amapá**. 2015. Disponível em: <<http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php/component/content/article/55-projetos/160-amapa>>. Acesso em: 30 maio 2016.

Hanssen, R. F. **Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002. 2 v. (*Remote Sensing and Digital Image Processing*).

IBGE (Brasil) (Org.). **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS Sobre a RBMC**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>>. Acesso em: 25 maio 2016.

INPE. SPRING. Teoria: Sistemas de Radar, 2016. Disponível em: . Acesso em: 27 Maio 2016.

Menezes, P. R.; Almeida, T.(Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: Unb, 2012. 266 p

Moreira, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação/Maurício Alves Moreira**. 4a. Edição. ed. Viçosa: UFV, v. I, 2011.

Nievinski, F. G. **Interferometria por Radar de Abertura Sintética (InSAR)**. 2004. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Departamento de Geodésia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Cap. 2.

Santos Filho, H. ; Almeida, M. G. ; Rios, R. O . **Mapeamento e análise da carta imagem da cidade de Macapá-AP obtida através dafusão das imagens do satélite CBERS-2B multisensor CCD e HRC**. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011. p. 2614-2619.